

Fischmonitorings in der

Wieso es sie braucht und was sie uns über
in unseren Gewässern sagen

Fischmonitorings werden schweizweit zu sehr unterschiedlichen Zwecken durchgeführt. Dank ihnen können wir Veränderungen in Gewässern frühzeitig erkennen und Fehlentwicklungen entgegensteuern. Sie sind ein integraler und unabdingbarer Bestandteil der modernen und nachhaltigen Bewirtschaftung unserer natürlichen Ressourcen.

von Pascal Vonlanthen



Schweiz

die Fischfauna





Foto: Michel Roggo / roggo.ch

▲ Abbildung 1: Die Bachforelle gilt als Indikator für intakte Gewässerlebensräume.

Biodiversität meint die Vielfalt der Ökosysteme, die Vielfalt der Arten und die Vielfalt der Gene. Sie bildet die Lebensgrundlage für uns Menschen¹⁾. Verschiedene Studien belegen, dass sich der Zustand der Biodiversität in den Gewässern in den letzten Jahren massiv verschlechtert hat und wichtige Ökosystemfunktionen verloren gegangen sind beziehungsweise verloren gehen werden. Forscherinnen und Forscher warnen seit Jahren vor den möglichen Folgen des weltweiten Biodiversitätsverlusts. Der Erhalt der Biodiversität, zu der auch die Fische zählen, hat daher existenzielle Bedeutung.

In den Schweizer Gewässern leben überdurchschnittlich viele endemische Fischarten^{2)–4)} – also Arten, die ausschliesslich in der Schweiz vorkommen. Für diese trägt die Schweiz eine besondere Verantwortung. Gemäss Zweckartikel des Bundesgesetzes über die Fischerei (Art. 1 Abs. 1 Bst. a BGF, SR 923.0) müssen die natürliche Artenvielfalt und der Bestand einheimischer Fische, Krebse und Makro-

invertebrate sowie deren Lebensräume erhalten, verbessert oder nach Möglichkeit wiederhergestellt werden. Die Kantone sind gemäss Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei (VBGF, SR 923.01) verpflichtet, die Gewässerabschnitte auf ihrem Gebiet zu bezeichnen, in denen stark gefährdete Fisch- und Krebsarten leben (Art. 10 Abs. 1 VBGF).

Um ein Ökosystem mit den darin lebenden Organismen zu schützen und zu erhalten, müssen der Zustand und die dafür verantwortlichen Ursachen bekannt sein. Bund und Kantone müssen dazu den Zustand der Fischpopulationen in unseren Gewässern untersuchen und überwachen. Dazu stehen ihnen eine Vielzahl von Methoden als Werkzeug zur Verfügung, die sie je nach Gewässer, Fragestellung und Zweck gezielt einsetzen können.

Für die Wissenschaft sind insbesondere Monitorings von unschätzbarem Wert. Monitoring ist ein Überbegriff für alle Arten von systematischen Erfassungen, Messungen oder Beobachtungen eines Vorgangs oder

Prozesses mittels technischer Hilfsmittel oder anderer Beobachtungssysteme. Es dient der Gewinnung von Daten und Wissen, der Prüfung von Hypothesen, der Evaluierung von Massnahmen und dem besseren Verständnis von Phänomenen⁵⁾.

Mit Hilfe von Monitorings können wir Veränderungen innerhalb eines Ökosystems frühzeitig erkennen und Fehlentwicklungen entgegensteuern. Die durch Monitorings gewonnenen Fakten dienen insbesondere dazu, den Diskurs über den Naturschutz zu versachlichen und die Politik zum Handeln zu bewegen.

Bevor nachfolgend einzelne Monitoringmethoden dargestellt werden, wird zunächst auf die Bedeutung der Fische als Indikator für den Zustand eines Gewässers eingegangen.

Fische als Indikator für den Zustand eines Gewässers

Ein guter Bioindikator soll Informationen über den Zustand des Ökosystems liefern, negative Einflüsse des Menschen auf-

decken, zeitliche Entwicklungen abbilden und als Erfolgskontrolle für Revitalisierungen beziehungsweise Renaturierungen dienen^{6),7)}. Fische werden auch in der Schweiz als Indikator für all diese Teilaspekte verwendet, insbesondere in Fließgewässern⁸⁾⁻¹⁰⁾.

Die Fischgemeinschaft eines Gewässers stellt erwiesenermassen einen hervorragenden Bioindikator dar^{7),11),12)}. Er gilt als integrierender Indikator, das heisst er spiegelt den Effekt von unterschiedlichen Umwelteinflüssen auf die Gewässer wieder. Hervorzuheben sind diesbezüglich folgende Eigenschaften^{7),11)}:

- Fische sind langlebig und integrieren/akkumulieren deshalb Effekte über einen langen Zeitraum.
- Fische nutzen ein grosses Spektrum an unterschiedlichen Nahrungsquellen.
- Verschiedene Fischarten haben unterschiedliche Ansprüche an die Wasserqualität.
- Die Habitatansprüche variieren zwischen den verschiedenen Arten sowie zwischen den verschiedenen Alterssta-

dien innerhalb einer Art, nach Tageszeit (Tag/Nacht) und im Jahresverlauf.

- Fische wurden wegen ihres ökonomischen Werts seit jeher intensiv erforscht und es ist vergleichsweise viel über ihre Ansprüche bekannt.
- Weil häufiger historische Informationen vorliegen, ist die Erstellung eines Referenzzustands bei Fischen oftmals einfacher als für andere Indikatoren.
- Die Artenvielfalt ist im Vergleich zu anderen Artengruppen, die oft als Indikatoren verwendet werden, weniger umfangreich und lässt sich für viele Arten besser auf Artniveau bestimmen.

Fischgemeinschaften als Bioindikator haben jedoch auch Nachteile:

- Insbesondere in Seen und grossen Fließgewässern ist die standardisierte Beprobung aufwendig und kann mit hohen Kosten verbunden sein.
- Fischereiliche Nutzung und Bewirtschaftung beeinflussen den Fischbestand, so dass das Monitoring verfälscht werden kann.

- Die direkte Ableitung des kausalen Zusammenhangs zwischen Ursache und Wirkung ist oftmals schwierig.

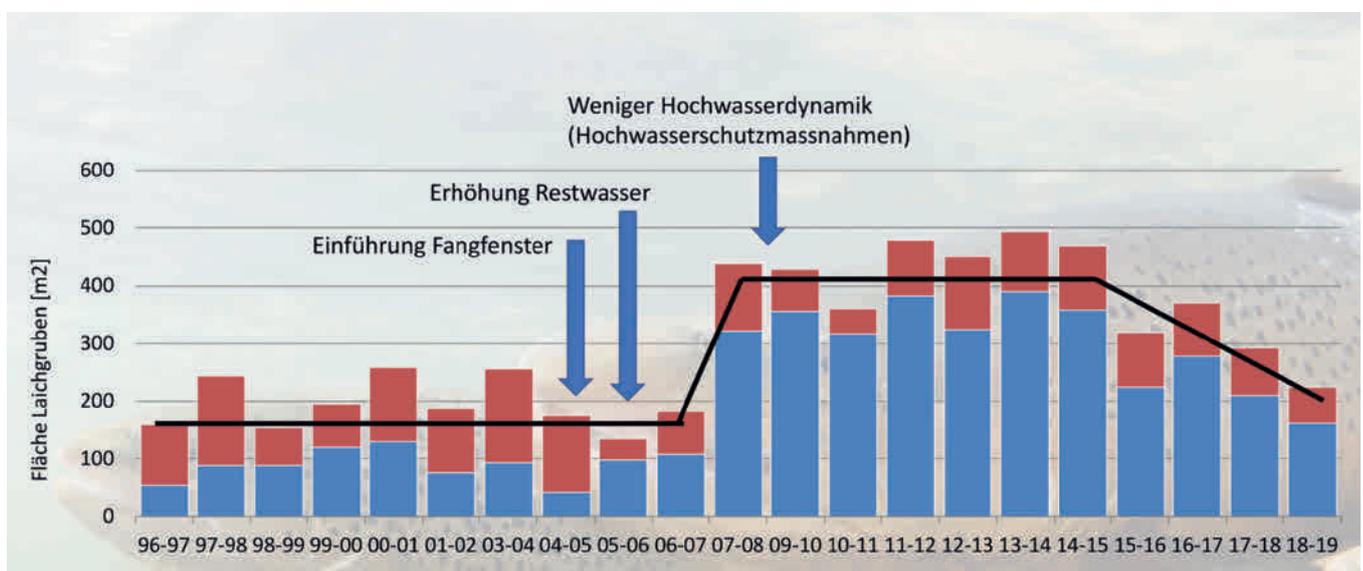
Fischmonitorings in der Schweiz

Fische sind Lebewesen, welche auf Umwelteinflüsse reagieren, indem sie zum Beispiel ihre Lebensfunktionen ändern, Stoffe anlagern oder in den Organismus einbauen. Sie werden daher im Rahmen von Monitorings als Zeigerart (Bioindikator) eingesetzt¹¹⁾. Der vorliegende Artikel soll einen ersten Einblick in das Monitoring mit Fischen geben, ohne den Anspruch zu erheben, alle Möglichkeiten von Fischmonitorings darzustellen. Es werden beispielhaft ausgewählte Methoden vorgestellt, die entweder in der Schweiz neu oder besonders wichtig sind sowie für Fischende interessant oder gar von ihnen selber durchgeführt werden.

Fangstatistiken

Da Fangstatistiken heute flächendeckend geführt werden, avancierten diese zu einem wichtigen Monitoringwerkzeug. Insbesondere für die fischereiliche Bewirtschaftung sind die Fangstatistiken von grosser Bedeutung. Mit ihrer Hilfe lassen

▼ Abbildung 2: Ergebnis der Laichgrubenkartierung in einem Saaneabschnitt (Daten Association La Frayère) im Kanton Freiburg.



sich die Veränderungen im Fang von fischereilich genutzten Arten dokumentieren. Gemäss Art. 11 des Bundesgesetzes über die Fischerei müssen Kantone eine Fischfangstatistik führen. Früher gab es hierfür keinen gesetzlichen Zwang. Vor 1980 führten nur zwölf Kantone eine Fangstatistik.

Fischfangstatistik ist jedoch nicht gleich Fischfangstatistik. Die Art und Weise wie einzelne Kantone die Fänge erheben, unterscheidet sich teilweise stark. Die meisten Kantone erfassen die Anzahl oder das Gewicht der gefangenen Fische nach Art und Gewässer. Einige Kantone dokumentieren zusätzlich, aber auf unterschiedliche Art und Weise, auch den Befischungsaufwand für die Fischenden (Angelfischende und/oder Netzfischende). Wie aussagekräftig die Fangstatistik als Indikator für den Zustand des Bestands der betrachteten Art ist, hängt von verschiedenen Informationen ab: zum Beispiel dem Befischungsdruck, den Schonbestimmungen und den Befischungsmethoden.

Eine vom BAFU finanzierte Studie untersuchte die Entwicklung der Fangzahlen von vier Kantonen. Sie ermöglicht die Be-

rechnung einer um den Befischungsaufwand korrigierten Fangzahl (auch als CPUE bekannt). Die Untersuchung hat gezeigt, dass die Fangergebnisse nicht notwendigerweise den Fischbestand im Gewässer widerspiegeln, sondern auch massgeblich von der fischereilichen Aktivität der Angelnden abhängen¹³⁾.

Zudem nutzen die Fischenden nicht zwingend alle in einem Gewässer vorkommenden Fischarten. Nicht genutzte Arten tauchen folglich in den Fangstatistiken nicht auf. Für eine aussagekräftige Erfassung des gesamten Fischbestandes müssen daher zusätzliche Monitoringmethoden zum Einsatz kommen.

Laichgrubenkartierungen

Eine einfache aber ebenfalls nur begrenzt einsetzbare Methode hat sich in der Schweiz in den letzten Jahren etabliert, insbesondere aufgrund des Einsatzes der Fischereiberatungsstelle und zahlreicher Fischenden: die Laichgrubenkartierung. Bei einer Laichgrubenkartierung werden die Gewässer in der Laichzeit vorzugsweise mehrmals komplett begangen und jede Laichgrube in Form, Grösse, Lage und

Fischart erfasst. Da Forellenlaichgruben in vielen Gewässern recht gut erkannt und dokumentiert werden können, werden Laichgrubenkartierungen hauptsächlich für diese Art eingesetzt.

In der Kleinen Saane beispielsweise erfasst ein kleiner lokaler Verein seit 1996 Forellenlaichgruben. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die Flächen der Laichgruben über die Jahre recht stark verändert haben (Abb.2). Nach einer langen stabilen Phase (1996 bis 2007) hat die Fläche der Laichgruben stark zugenommen, um vorerst von 2008 bis 2015 auf hohem Niveau stabil zu bleiben. Nach 2015 nahmen die Laichgrubendichten wieder deutlich ab.

Fangstatistik und quantitative elektrische Befischungen zeigen eine praktisch identische Entwicklung der Forellen wie die Laichgrubenkartierung. Auch der Bestand der Forellen hat in der Zeit von 2008 bis 2015 stark zugenommen und ist nach einer stabilen Phase wieder gefallen. Im Fall der Kleinen Saane spiegeln demnach sowohl die Fangstatistik als auch die Laichgrubenkartierungen den effektiven Forellenbestand im Gewässer wieder.

▼ Abbildung 3: Durchführung einer quantitativen elektrischen Befischung in der Surb im Kanton Aargau.



Darüber hinaus ging die Erhöhung der Laichgrubenfläche mit einer Erhöhung der Restwassermenge einher. Dies zeigt, wie rasch sich Umweltschutzmassnahmen auf den Forellenbestand auswirken können. Warum nach 2015 wieder eine Abnahme zu beobachten ist, ist derzeit unklar und müsste genauer untersucht werden. Die Ursache wird bei der vorhandenen Staumauer und der damit einhergehenden Nutzung der Wasserkraft (Restwasserstrecke), fehlender Hochwasserdynamik und Geschiebebetrieb vermutet.

Elektrische Befischungen

Oftmals stellt sich bei der Bewirtschaftung von Fließgewässern die Frage, ob die natürliche Fortpflanzung in den Gewässern überhaupt funktioniert. Um diese Frage zu beantworten, sind Laichgrubenkartierungen weniger geeignet. Sie geben keine Auskunft darüber, ob sich die abgelaichten Eier im Gewässer auch entwickeln. Besser geeignet sind daher elektrische Befischungen. Mit ihrer Hilfe können – im Frühling noch vor möglichen Besatzmassnahmen – der Brütlingsbestand erfasst und Besatzmassnahmen ge-



▲ Abbildung 4: Standardisierte Befischung mittels Vertikalnetzen, die im Rahmen des «Projet Lac» schweizweit eingesetzt wurden.

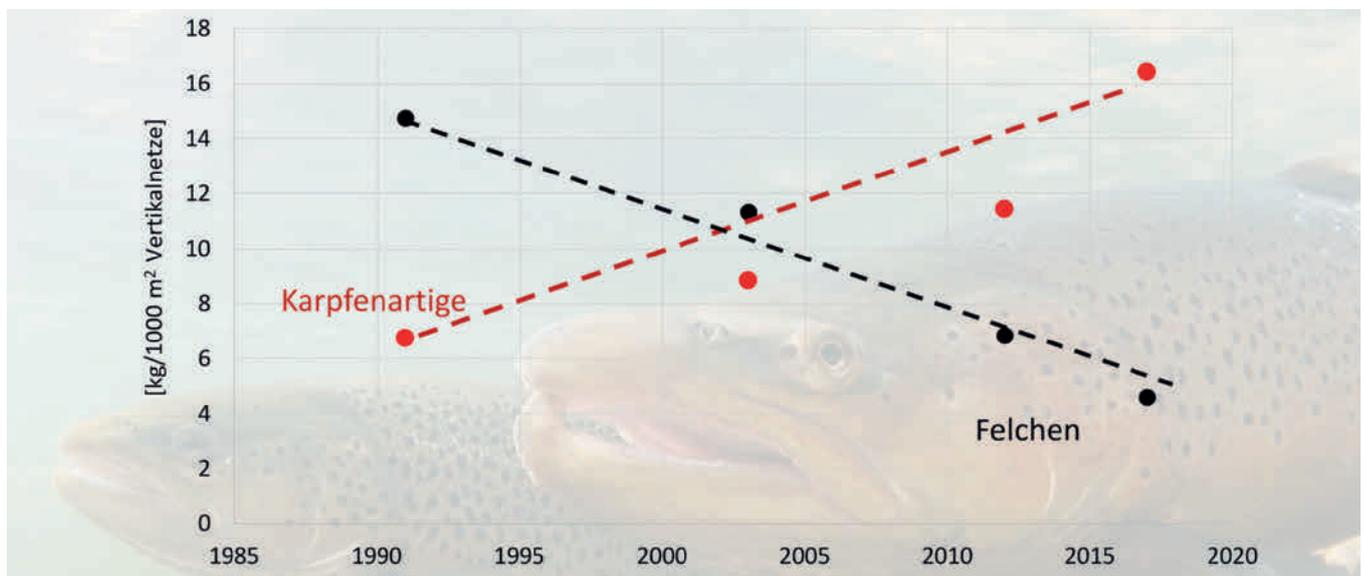
gebenfalls angepasst werden. Der Kanton Bern hat mit dieser Monitoringmethode an verschiedenen Gewässern aufgezeigt, dass sich Forellen in vielen Gewässern erfolgreich natürlich fortpflanzen und hat die Bewirtschaftung entsprechend angepasst.

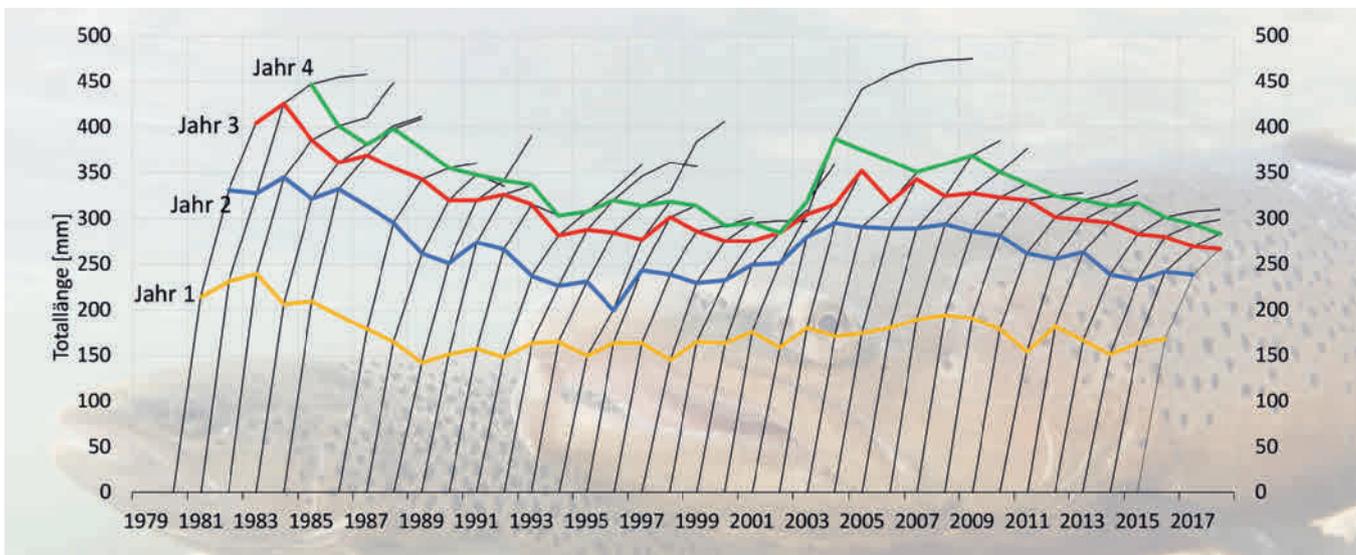
Besonders häufig werden sogenannte quantitative elektrische Befischungen durchgeführt. Sie ermöglichen eine genaue Bestimmung des gesamten Fischbestandes in einer repräsentativen Strecke. Damit keine Fische in die Strecke ein- oder aus der Strecke hinauswandern, wird diese abgesperrt. Mit Strom werden an-

schliessend möglichst viele Fische gefangen (Abb.3). Die Strecke wird dabei meistens zwei oder sogar drei Mal nacheinander befischt. Dadurch kann der effektiv vorhandene Fischbestand genau berechnet werden, ohne restlos alle Fische zu fangen.

Nur mit dieser Methode lässt sich heute der Fischbestand in einem Gewässer genau erfassen. Obwohl diese quantitative Befischung mit recht hohem Aufwand verbunden ist, insbesondere für grössere Gewässer, wird sie gleichwohl schweizweit für Monitorings des Fischbestands eingesetzt – sowohl von kantonalen Fi-

▼ Abbildung 5: Veränderung des Fischbestands im Lac de Rémorey im französischen Jura; dokumentiert durch ein Langzeitmonitoring des Fischbestandes mittels Multimaschenkiennetzen (Daten Universität Besançon).





▼ Abbildung 6: Entwicklung des Felchenwachstums im Hallwilersee im Kanton Aargau. Die Gelbe Linie entspricht der Länge, welche die Felchen im Alter von einem Jahr, die blaue von zwei Jahren, die rote von drei Jahren und die grüne von vier Jahren durchschnittlich erreichen (Daten: Kanton Aargau).

schereifachstellen als auch vom Bundesamt für Umwelt. So befischt zum Beispiel der Bund im Rahmen der nationalen Beobachtung der Oberflächengewässerqualität (NAWA) alle vier Jahre schweizweit 53 Strecken. Die quantitative elektrische Befischung wird auch bei Erfolgskontrollen von Revitalisierungen und anderen Gewässerschutzmassnahmen routinemässig eingesetzt.

Fischmonitoring in grossen Fliessgewässern und in Seen

Im Gegensatz zu watbaren Fliessgewässern ist ein aussagekräftiges Fischmonitoring in grossen Fliessgewässern und in Seen um einiges schwieriger. Ein See kann nicht wie kleinere Fliessgewässerstrecken ganz ausgefischt werden. Deshalb eignen sich in solchen Gewässern sogenannte standardisierte Befischungen. Dabei wird der Aufwand einer Befischungsmethode soweit standardisiert und so oft wiederholt (Stichprobenumfang), bis die erhaltenen Informationen robust und reproduzierbar sind.

In Seen muss ein aussagekräftiges und reproduzierbares Monitoring des Fischbestands simultan in allen Bereichen des Stillgewässers durchgeführt werden, weil sich Fische räumlich bewegen. Dies ist mit ein Grund, weshalb eine standardisier-

te Befischung der Seen aufwendig ist und bis zum Projekt «Projet Lac» in der Schweiz noch nie durchgeführt wurde.

Insgesamt wurden zwischen 2010 und 2019 im Rahmen des «Projet Lac» und der nachfolgend durch Ökobüros durchgeführten Befischungen alle grösseren Voralpenseen zum ersten Mal standardisiert befischt. Das Vorgehen war in allen Seen identisch. Es wurden standardisierte Multimaschenkiemennetze (Abb. 4) und gezielte elektrische Uferbefischungen durchgeführt. Die Vergleichbarkeit der Fänge zwischen den Seen ist damit gegeben. Ein Synthesebericht soll in 2020 erscheinen. Seespezifische Berichte sind auf der Webseite der Eawag einsehbar.

Wie wertvoll standardisierte Fischerhebungen in Seen sind, zeigt ein Monitoring, das die Universität Besançon am Lac de Rémoray (95 Hektar gross und 27 Meter tief) im französischen Jura durchführt. Sie untersucht den Fischbestand des Sees seit knapp 30 Jahren mit standardisierten Netzbefischungen. Während dieser Zeit hat sich der Fischbestand verändert. In den 90er Jahren dominierten Lachsartige, hauptsächlich Felchen, den Fang. Mit der Zeit setzten sich jedoch Karpfenartige sukzessive durch (Abb. 5). Die Biomasse der Felchen im Fang nahm in dieser Zeit um circa zwei Drittel ab, während der Bestand der Rotaugen und Rotfedern sich verdreifachte¹⁴.

Die Ursachenanalyse zeigte, dass mehrere Faktoren diese Änderungen steuerten. Die entscheidende Rolle spielte die Eutrophierung des Gewässers mit dem damit einhergehenden Sauerstoffdefizit in der Tiefe¹⁴. Die Universität Besançon konnte mit dem Monitoring also Veränderungen im Fischbestand nachweisen und nachfolgend auch deren Gründe sowie Änderungen bei den Fangzahlen der Fischenden erklären.

Spezifische Monitoringmethoden

Nebst der Dokumentation des Fischbestands werden für die fischereiliche Bewirtschaftung oft gezielte Monitoringmethoden eingesetzt. Diese gibt es je nach Bedarf für sehr unterschiedliche Fischarten und Fragestellungen. Schweizweit sehr verbreitet sind zum Beispiel Felchen-Monitoringmethoden. Die unterschiedlichen in der Schweiz vorkommenden Felchenarten sind insbesondere für Netzfischende ökonomisch sehr wichtig. Felchen werden in vielen Seen intensiv mit Netzen befischt. Mit dem Monitoring werden je nach See Informationen zum Fischbestand oder sehr häufig Daten zum Wachstum der Felchen erhoben. Über die Jahre hat sich gezeigt, dass sich gerade das Wachstum der gefangenen Felchen stark verändert.

Eine eindrückliche Monitoringzeitreihe zum Wachstum liegt zum Beispiel für Felchen vom Aargauischen Hallwilersee vor. Seit 1980 wird es anhand von Schuppenanalysen rekonstruiert. Dabei zeigt sich, wie sich das Wachstum im Verlauf der letzten 40 Jahre immer wieder verändert hat¹⁶⁾ (Abb. 6). Der kantonale Gesetzgeber hat deshalb regelmässig die für die Netzfischenden erlaubten Maschenweiten angepasst.

Schlussfolgerungen

Monitorings, bei denen Fische als Bioindikator eingesetzt werden, sind ein zentraler Aspekt der fischereilichen Bewirtschaftung. Dabei wird heute in der Schweiz eine Vielzahl von Monitoringmethoden eingesetzt. Die Auswahl der Methoden richtet sich nach den Fragestellungen. Die Wichtigkeit solcher Monitorings ist in Fachkreisen unbestritten. Die Ergebnisse können jedoch bestehenden Erwartungen widersprechen. Dies darf kein Grund sein, auf Monitorings zu verzichten. Fischmonitorings sind nicht nur für die fischereiliche Bewirtschaftung relevant, sie sind auch für den Gewässerschutz von zentraler Bedeutung.

Bei der Auswertung von Monitoringdaten ist es wichtig, beobachtete Entwicklungen zu ergründen, um Fehlinterpretationen zu vermeiden. Eine Korrelation zwischen einer Beobachtung und möglichen erklärenden Grössen muss nicht zwingend die direkte Ursache identifizieren. Wird zum Beispiel zwischen der Abnahme des Fangs in einer Fangstatistik und einer Zunahme der Bevölkerung im Einzugsgebiet eine Korrelation festgestellt (positiver Zusammenhang), bedeutet dies noch keine Kausalität. Denn gleichzeitig könnte sich auch das Klima gewandelt und die Veränderungen des Fischbestands bewirkt haben. Um den kausalen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung herzustellen, braucht es deshalb in der Regel zusätzliche gezielte Abklärungen beziehungsweise Untersuchungen. ♠

Literatur

1. Science for Environment Policy. Ecosystem Services and Biodiversity. (2015).
2. Kottelat, M. & Freyhof, J. Handbook of European Freshwater Fishes. (Publications Kottelat, 2007).
3. Vonlanthen, P. et al. Anthropogenic eutrophication drives extinction by speciation reversal in adaptive radiations. *Nature* 482, 375–362 (2012).
4. Zaugg, B. Fauna Helvetica – Pisces – Atlas. (CSCF, 2018).
5. Wikipedia. Definition Monitoring. <https://de.wikipedia.org/wiki/Monitoring> (2019).
6. Markert, B. Biomonitoring – Qua vadis. UWSF-Z. Umweltzeichen Ökotox. 6, 145–149.
7. Chovanec, A., Hofer, R. & Schiemer, F. Fish as bioindicators. in *Bioindicators and biomonitors* 639–676 (Elsevier Science Ltd, 2003).
8. Schager, E. & Peter, A. Methoden zur Untersuchung und Beurteilung der Fliessgewässer: Fische Stufe F. (2004).
9. Spalinger, L., Dönni, W., Guthruf, J., Vonlanthen, P. & Gousskov, A. NAWA TREND Biologie 2 Kampagne (2015) - Fachbericht Fische. (2017).
10. Woolsey, S. et al. Handbuch für die Erfolgskontrolle bei Fliessgewässerrevitalisierungen. 112 (2005).
11. Karr, J. R. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6, 21–27 (1981).
12. Degiorgi, F. & Raymond, J. C. Guide technique – Utilisation de l'ichtyofaune pour la détermination de la qualité globale des écosystèmes d'eau courante. (2000).
13. Mertens, M. & Küry, D. Auswertung Anglerfangdaten 14 Jahre nach Fischnetz. (2018).
14. Degiorgi, F. et al. Bilan sur l'état de santé du lac de Remoray en 2017 et recherche des causes de dysfonctionnement. (2018).
15. Steinmann, P. Monographie der schweizerischen Koregonen. *Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie* 12+13, (1950).
16. Aquabios. Fischereibiologische Untersuchungen Hallwilersee – Felchenmonitoring bis 2018. (2019).

Wichtigkeit von Sammlungen

Ein Teil der im Rahmen vom «Projet Lac» gefangenen Fische kam ins Naturhistorische Museum der Burgergemeinde von Bern. Dort wurden Gewebeproben entnommen und circa 30 Individuen pro Fischart und See für die Zukunft eingelagert. Damit können zukünftig Vergleiche mit der heutigen Biodiversität gezogen werden. So hat beispielsweise ein Wissenschaftler (P. Steinmann) in der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts zahlreiche Felchen konserviert.¹⁵ Über 60 Jahre später konnte dadurch nachgewiesen werden, dass mindestens 15 der 41 früher in der Schweiz vorgekommenen Felchenarten im Verlauf der letzten 100 Jahre ausgestorben sind³⁾. Mit dem «Projet Lac» und der Zusammenarbeit mit dem Naturhistorischen Museum der Burgergemeinde von Bern ist dies in Zukunft hoffentlich für eine grössere Anzahl Fischarten der wichtigsten Schweizer Seen möglich. Im Rahmen vom «Progetto Fiumi» wurde ähnliches auch für Fischarten der Schweizer Fliessgewässer gemacht.



Pascal Vonlanthen

Dr. phil nat, ist passionierter Fischer und seit 2012 Geschäftsführer des auf Fischökologie spezialisierten

Ökobüros Aquabios GmbH. Zuvor forschte er während 10 Jahren an der Eawag in der Abteilung Fischökologie und Evolution über Felchen und leitete das Projekt «Projet Lac».

Pascal Vonlanthen

Aquabios GmbH
Les Fermes 57
1792 Cordast
info@aquabios.ch